

# Penggunaan Metode Difraksi Celah Tunggal pada Penentuan Koefisien Pemuaian Panjang Aluminium (Al)

Puspita Septim Wulandari, Yohanes Radiyono

*Prodi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret,  
Surakarta, 57126, Indonesia  
E-mail : septim.puspita@gmail.com*

## Abstrak

Penulisan makalah Eksperimen Fisika II bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh kenaikan suhu dengan lebar difraksi yang dihasilkan dalam menentukan koefisien pemuaian pada Aluminium dengan metode difraksi celah tunggal, (2) mengetahui nilai koefisien pemuaian logam Aluminium yang diperoleh dari metode difraksi celah tunggal dengan analisis regresi linear.

Metode penelitian adalah metode eksperimen. Prinsip dasar kerja alat penentuan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium dengan metode difraksi celah tunggal yaitu menembakkan cahaya laser melalui celah yang tipis hingga menimbulkan pola-pola difraksi yang berupa pola gelap dan pola terang yang ditangkap oleh layar. Setiap kenaikan suhu tertentu yang terbaca oleh termometer, logam Aluminium akan memuai. Pengukuran lebar difraksi dilakukan setiap kenaikan suhu tertentu dengan menggunakan milimeterblock sebagai layar. Kemudian menggunakan analisis regresi linier hubungan antar suhu (T) dengan sepelebar difraksi (1/Z). Koefisien pemuaian dihitung dari gradien garis hasil regresi T terhadap 1/Z.

Berdasarkan hasil percobaan, semakin suhunya meningkat maka Aluminium akan memuai. Pemuaian ditandai dengan semakin lebarnya celah. Akibatnya ketika suhu semakin meningkat maka lebar celah pola difraksi yang dihasilkan akan semakin sempit. Sehingga dapat diartikan bahwa kenaikan suhu sebanding dengan sepelebar difraksi. Nilai koefisien pemuaian pada Aluminium dapat dihitung dengan dua cara yaitu dengan cara kuadrat terkecil dalam persamaan regresi linier dan dengan metode grafik. Persamaan untuk menghitung koefisien pemuaian panjang adalah  $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$ , dengan perhitungan ralat yaitu

$$S_\alpha = \left\{ \left( \frac{\partial \alpha}{\partial S} S_s \right)^2 + \left( \frac{\partial \alpha}{\partial D} S_D \right)^2 + \left( \frac{\partial \alpha}{\partial L_0} S_{L_0} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$
. Berdasarkan teori, nilai koefisien pemuaian panjang Aluminium sebesar  $24 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Berdasarkan eksperimen, perhitungan dengan cara kuadrat terkecil dalam persamaan regresi linier diperoleh nilai koefisien pemuaian panjang Aluminium sebesar  $(27,26 \pm 2,26) 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Sedangkan dengan perhitungan koefisien pemuaian panjang Aluminium dengan cara metode grafik diperoleh nilai sebesar  $27,43 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

**Kata kunci :** pemuaian, koefisien pemuaian Aluminium, difraksi celah tunggal

## 1. Pendahuluan

Dalam fenomena pemuaian termal, logam akan memuai jika dipanaskan dan pemuaian berbeda-beda untuk jenis logam yang berbeda. Jadi, setiap zat mempunyai kemampuan memuai yang berbeda-beda. Faktor yang menentukan besarnya pemuaian panjang suatu jenis zat dinamakan koefisien muai panjang ( $\alpha$ ). Koefisien muai untuk padatan atau cairan biasanya tidak banyak berubah dengan tekanan, tetapi dapat berubah dengan temperatur. Sehingga koefisien pemuaian panjang adalah kecenderungan bagi perubahan panjang, luas dan volume sebagai pengaruh dari perubahan suhu.

Secara teori, nilai koefisien muai panjang pada baja yaitu  $11 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ , kuningan  $19 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ , intan  $1,2 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ , Aluminium  $24 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ , dll.

Pada mata pelajaran Fisika dalam SMP dan SMA, khususnya pada materi pemuaian termal, siswa mengetahui nilai koefisien pemuaian panjang pada logam dengan cara menghafal. Atau siswa belum pernah diajarkan membuktikan nilai koefisien muai panjang dengan eksperimen. Nilai koefisien muai panjang dari berbagai logam dapat ditentukan melalui suatu eksperimen. Salah satu eksperimen yang dapat digunakan yaitu dengan metode difraksi cahaya yang dilewatkan pada celah tunggal yang sempit. Oleh karena itu, dilakukan suatu percobaan untuk menentukan nilai koefisien pemuaian panjang

pada Alumunium dengan metode difraksi celah tunggal. Eksperimen bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh kenaikan suhu dengan lebar difraksi yang dihasilkan dalam menentukan koefisien pemuaian pada Alumunium dengan metode difraksi celah tunggal, (2) mengetahui nilai koefisien pemuaian logam Alumunium yang diperoleh dari metode difraksi celah tunggal dengan analisis regresi linear.

## 2. Pembahasan

Pemuaian panjang suatu benda dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu panjang awal benda, koefisien muai panjang dan besar perubahan suhu. Koefisien muai panjang suatu benda sendiri dipengaruhi oleh jenis benda atau jenis bahan. (Inbanathan, S.S.R. Moorthy, K., dan G. Balasubramanian, G. 2007)

Perhatikanlah sebuah batang panjang yang panjangnya  $L$  pada temperatur  $T$ . Bila temperatur berubah dengan  $\Delta T$ , perubahan panjang  $\Delta L$  sebanding dengan  $\Delta T$  dan panjang mula-mula  $L$ :

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (1)$$

Dengan  $\alpha$  dinamakan koefisien muai linear.

Besaran ini adalah rasio fraksi perubahan panjang terhadap perubahan temperatur:

$$\alpha = \frac{\Delta L/L}{\Delta T} \quad (2)$$

Satuan  $\alpha$  adalah kebalikan derajat Celcius ( $1/^\circ\text{C}$ ) atau kebalikan Kelvin ( $1/\text{K}$ ). (Tipler, Paul A. 1991).

Peristiwa interferensi cahaya dapat diamati menggunakan percobaan Thomas Young. Serway, R. A. & Jewwet, J. W (2010 :119) menjelaskan proses terjadinya interferensi, yaitu gelombang-gelombang cahaya masuk pada suatu halangan yang memiliki dua celah yaitu celah  $S_1$  dan  $S_2$ . Kedua celah ini berfungsi sebagai sumber cahaya koheren. Cahaya yang berasal dari  $S_1$  dan  $S_2$  ini akan menghasilkan garis gelap terang yang disebut dengan frinji (*fringe*).

Difraksi adalah peristiwa pelenturan gelombang akibat perambatan gelombang melalui celah sempit. Menurut Serway, R. A. & Jewwet, J. W, (2010 :163). Hal ini sesuai dengan prinsip Huygens yaitu semakin kecil celah yang dilalui gelombang, maka penyebaran gelombang akan semakin besar.

Pada difraksi celah tunggal, cahaya sumber dilewatkan pada satu celah. Pola difraksi cahayanya bergantung pada perbandingan ukuran panjang gelombang dengan lebar celah yang dilewati.

Hubungan antara lebar celah dengan panjang gelombang cahaya dapat dituliskan sebagai berikut

$$L \sin \theta = m \lambda. \quad (3)$$

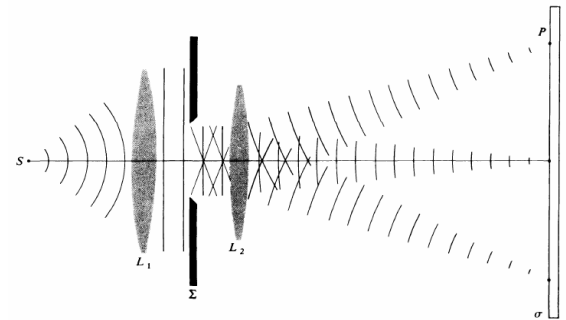
atau

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{L}. \quad (4)$$

dengan mengasumsikan  $m=1$  maka diperoleh

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{L}. \quad (5)$$

dengan  $\theta$  merupakan besar sudut pembelokan gelombang cahaya,  $m$  adalah orde difraksi yang berupa bilangan bulat positif atau negatif,  $\lambda$  adalah panjang gelombang cahaya (dalam meter), dan  $L$  adalah lebar celah (m).

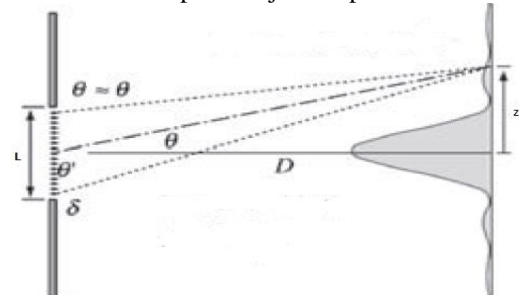


Gambar 1. Difraksi Celah Tunggal.

(Sumber: Fakhruddin, H. 2006: pp 82)

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin kecil lebar celah ( $\alpha$ ) relatif terhadap panjang gelombang ( $\lambda$ ) cahaya, penyebaran gelombang semakin besar dan juga sebaliknya.

Pada penentuan nilai koefisien pemuaian alumunium dilakukan dengan menggunakan metode difraksi celah tunggal. Jika sebuah sinar laser kita tembakkan pada celah sempit, maka besarnya koefisien pemuaian panjang pada alumunium. Pola difraksi celah sempit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Difraksi untuk Celah Sempit.

(Sumber: Fakhruddin, H. 2006: pp 82)

Dari gambar 2.10 diperoleh

$$z = D \tan \theta \quad (6)$$

karena sudut  $\theta$  sangat kecil maka  $\tan \theta = \sin \theta$  sehingga

$$z = \frac{\lambda D}{L}, \quad (7)$$

dan

$$L = \frac{\lambda D}{z}, \quad (8)$$

sehingga

$$\Delta L = L - L_0 = \frac{\lambda D}{z} - \frac{\lambda D}{z_0}, \quad (9)$$

maka diperoleh

$$\Delta L = \lambda D \left[ \frac{1}{z} - \frac{1}{z_0} \right] \quad (10)$$

Untuk pertambahan panjang logam memenuhi persamaan di bawah ini

$$\Delta L = \alpha L_0 (T - T_0), \quad (11)$$

sehingga diperoleh

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 (T - T_0)}, \quad (12)$$

dengan memasukkan  $\Delta L$ , nilai koefisien pemuaian aluminium dapat dicari dengan persamaan

$$\alpha = \frac{\lambda D \left( \frac{1}{z} - \frac{1}{z_0} \right)}{L_0 (T - T_0)}, \quad (13)$$

dengan  $D$  adalah jarak laser terhadap celah sempit,  $z$  adalah lebar difraksi,  $L_0$  adalah panjang logam aluminium, dan  $T$  adalah suhu air. Dengan menggunakan analisis regresi linier, maka

$$\frac{1}{z} = \frac{\alpha L_0}{\lambda D} T + \left[ \frac{1}{z_0} - \frac{\alpha L_0 T_0}{\lambda D} \right] \quad (14)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan linier dengan  $y = \frac{1}{z}$ , dan  $x = T$ , berbentuk

$$y = ax + b. \quad (15)$$

dengan  $a$  merupakan gradien garis lurus dan  $b$  merupakan titik potong kurva pada sumbu  $y$  adalah koefisien-koefisien yang dapat dicari dengan regresi linier tanpa bobot.

Berdasarkan persamaan (13), sehingga diperoleh nilai  $a$  adalah

$$a = \frac{\alpha L_0}{\lambda D}, \quad (16)$$

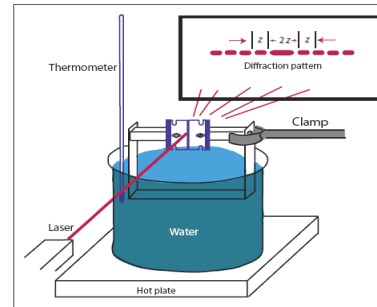
sehingga  $\alpha$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (16). Ralat  $\alpha$  dapat kita hitung berdasarkan persamaan perambatan ralat.

Metode yang digunakan untuk pengambilan data pada alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang Aluminium (Al) yaitu metode difraksi celah tunggal. Metode difraksi celah tunggal ini menggunakan celah sempit yang terbuat dari sepasang silet yang tipis. Sumber cahaya yang digunakan berasal dari cahaya laser. Sedangkan media penghantar panas yang digunakan untuk memanaskan logam Aluminium (Al) yaitu air yang dipanaskan dengan pemanas air.

Pengambilan data untuk menentukan nilai koefisien pemuaian panjang pada aluminium (Al) dilakukan dengan cara menembakkan cahaya laser pada celah difraksi. Cahaya laser yang ditembakkan mengenai celah yang tipis akan menimbulkan pola-pola difraksi yang berupa pola gelap dan pola terang. Pola-pola difraksi yang berupa pola gelap dan terang tersebut akan ditangkap oleh layar (milimeterblock) dan lebar pola difraksinya dapat terukur di layar. Kemudian untuk mengukur lebar difraksi berikutnya

dilakukan setiap kenaikan suhu tertentu yang dibaca oleh termometer.

Metode yang digunakan menganalisis data yaitu analisis regresi linier hubungan antara suhu ( $T$ ) terhadap sepelebar difraksi  $1/Z$ . Koefisien pemuaian dapat dihitung dari gradien garis hasil regresi  $T$  terhadap  $1/Z$ . Skema rangkaian alat percobaan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Rangkaian Alat Percobaan Menentukan Koefisien Pemuaian Aluminium

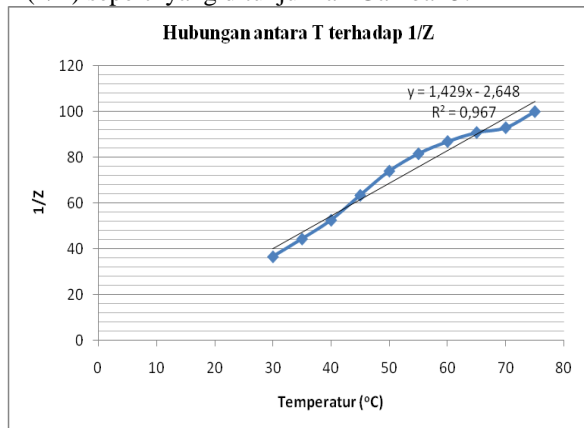
Alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium menggunakan difraksi celah tunggal dirancang terdiri dari beberapa alat dan bahan. Alat yang digunakan dalam pembuatan alat penentuan koefisien muai panjang pada Aluminium antara lain penggaris, gunting, cutter, pensil, dan tang. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penentuan koefisien muai panjang pada Aluminium yaitu pemanas air, logam Aluminium, penjepit, Celah tipis (silet), termometer, laser, air, dan layar (milimeterblock). Rangkaian alat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Alat Penentuan Koefisien Pemuaian Panjang Aluminium (Al) dengan Metode Kisi difraksi saat Pengambilan Data.

Analisis data secara kuantitatif pada percobaan menentukan koefisien pemuaian panjang aluminium menggunakan difraksi celah tunggal dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara kuadrat terkecil dalam mencari persamaan regresi linear dan dengan cara metode grafik.

Hasil percobaan didapatkan data hubungan antara kenaikan suhu  $5^{\circ}\text{C}$  dengan seperlebar difraksi ( $1/Z$ ) seperti yang ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Perubahan Suhu T terhadap Seperlebar Difraksi ( $1/Z$ ).

Data hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhunya maka lebar celah yang dihasilkan semakin sempit. Jadi pengaruh suhu dengan lebar difraksi yaitu kenaikan suhu berbanding terbalik dengan lebar difraksi yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan suhu sebanding dengan seperlebar difraksi.

Analisis data secara kuantitatif pada percobaan menentukan koefisien pemuaian panjang aluminium menggunakan difraksi celah tunggal dengan cara kuadrat terkecil dalam mencari persamaan regresi linear dimana hasil analisis data diperoleh nilai  $a$  sebesar  $(1,42 \pm 0,09) \text{ C/m}$  dan  $b$  sebesar  $(-2,64 \pm 5,06) \text{ C/m}$ . Adanya nilai  $a$  yang sudah diperoleh maka besarnya nilai koefisien pemuaian panjang pada aluminium dapat dicari dengan memasukkan nilai  $a$  ( $1,42 \pm 0,09) \text{ C/m}$ , panjang gelombang ( $640 \pm 10^{-9} \text{ m}$ ),  $D(2,7 \pm 0,05) \text{ m}$  dan  $L(0,09 \pm 0,05)$  ke dalam persamaan (2.26). Nilai koefisien pemuaian logam aluminium diperoleh dari hasil analisis regresi linier diperoleh nilai  $(27,27 \pm 2,26) 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

Analisis data dengan metode grafik, diperoleh nilai  $a$  ( $1,429) \text{ C/m}$ , panjang gelombang ( $640 \pm 10^{-9} \text{ m}$ ),  $D(2,7 \pm 0,05) \text{ m}$  dan  $L(0,09 \pm 0,05)$  ke dalam persamaan (2.26). Sehingga dapat dicari nilai koefisien pemuaian panjang Aluminium dengan cara metode grafik yaitu sebesar  $27,43 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Sedangkan nilai koefisien pemuaian Aluminium menurut teori yaitu  $24,43 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

Perbedaan hasil percobaan dengan teori terjadi karena beberapa faktor, antara lain adalah sebagai berikut.

- Ketidakteitian praktikan dalam mengukur lebar difraksi yang dihasilkan pada layar.

- Kekurangtelitian praktikan dalam merangkai alat percobaan, sehingga hasil pengukuran lebar difraksi kurang teliti.
- Ketidakteitian praktikan dalam membaca kenaikan suhu pada termometer
- Kemungkinan jarak yang digunakan praktikan antara kisi difraksi dengan layar masih kurang jauh. Maka, lebar difraksi yang dihasilkan masih kurang lebar. Sehingga dapat menyulitkan praktikan dalam melakukan pengukuran.
- Ketidakteitian praktikan dalam menghitung dan menganalisis hasil percobaan

### 3. Kesimpulan dan Saran

#### Kesimpulan

1. kenaikan suhu sebanding dengan seperlebar difraksi.
2. Nilai koefisien pemuaian pada Aluminium dapat dihitung dengan dua cara yaitu dengan cara kuadrat terkecil dalam persamaan regresi linier yaitu  $(27,27 \pm 2,26) 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$  dan dengan metode grafik  $27,43 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$

#### Saran

1. Sebaiknya pengambilan data dilakukan dengan jarak antara celah dengan layar yang semakin jauh.
2. Menggunakan variasi logam yang akan dihitung koefisien pemuaian.

#### Daftar Pustaka

- Cromer, Alan H. (1994). *Fisika untuk Ilmu-Ilmu Hayati Edisi Kedua*. Terj. Sumartono Prawirosusanto. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Fakhrudin, H. 2006. *Quantitative Investigation of Thermal Expansion Using Single-Slit Diffraction*. *Journal Of Physics Teacher* Vol 44, pp. 82-84.
- Inbanathan, S.S.R. Moorthy, K., and G. Balasubramanian, G. 2007. *Measurement and Demonstration of Thermal Expansion Coefficient*. *Journal Of Physics Teacher* Vol 45, pp. 566-567.
- Serway, R. A. & Jewwet, J. W. (2010). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Salemba Teknik
- Tipler, Paul A. (1991) . *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Erlangga

Nama Penanya : Suci NA

Bagaimana cara penggunaan milimeter blok pada alat?

Jawaban : Letaknya segaris dengan lebar celahnya, lurus dengan alat. Pola terang dan gelap terlihat pada milimeter block. Jadi perhitungan lebih mudah. pola cahaya ditandai dengan milimeter block terlebih dahulu, baru diukur saat ruangan terang.